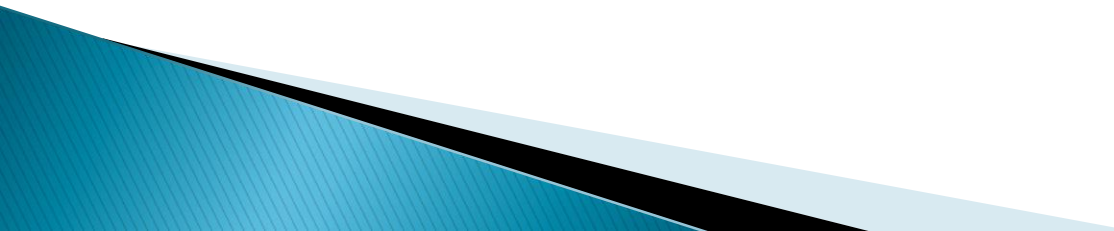


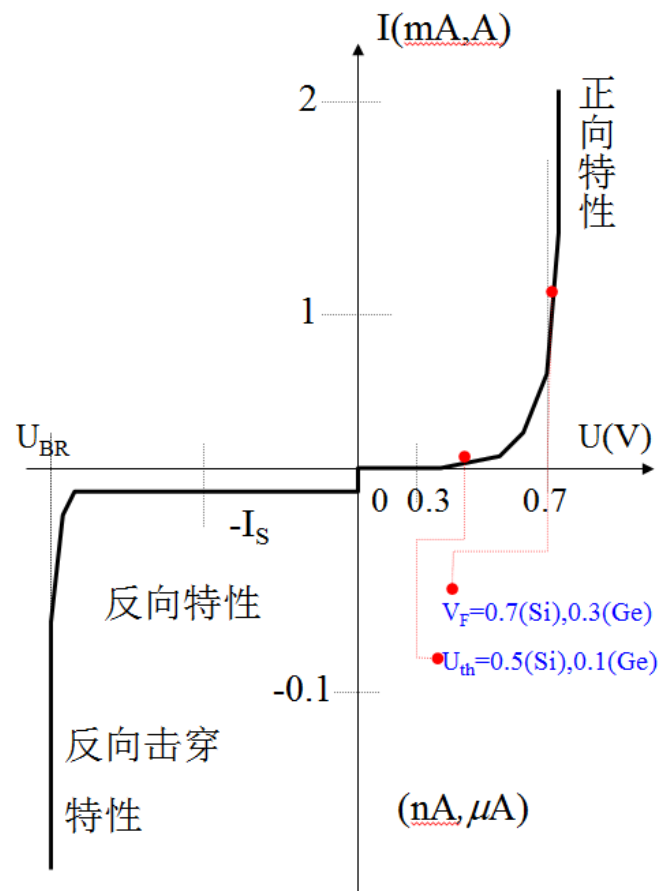
实验10 三极管9013的伏安特性测量

一、实验目的：

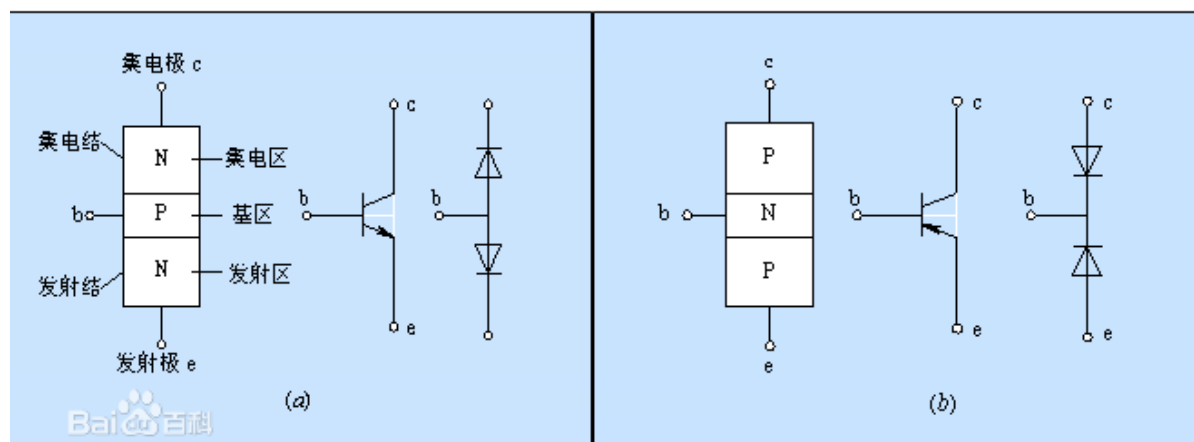
- 1、学习三极管9013基极b，集电极c，发射极e的判别。
 - 2、学习PNP管和NPN管的判别。
 - 3、学习硅（Si）、锗（Ge）管的判别。
 - 4、三极管9013的伏安特性曲线测量。
- 

二、实验原理：

利用二极管的伏安特性图，可以判断二极管的阳极和阴极，根据导通电压可以判断二极管的类型(Si, Ge)。



三极管的结构示意和图形符号



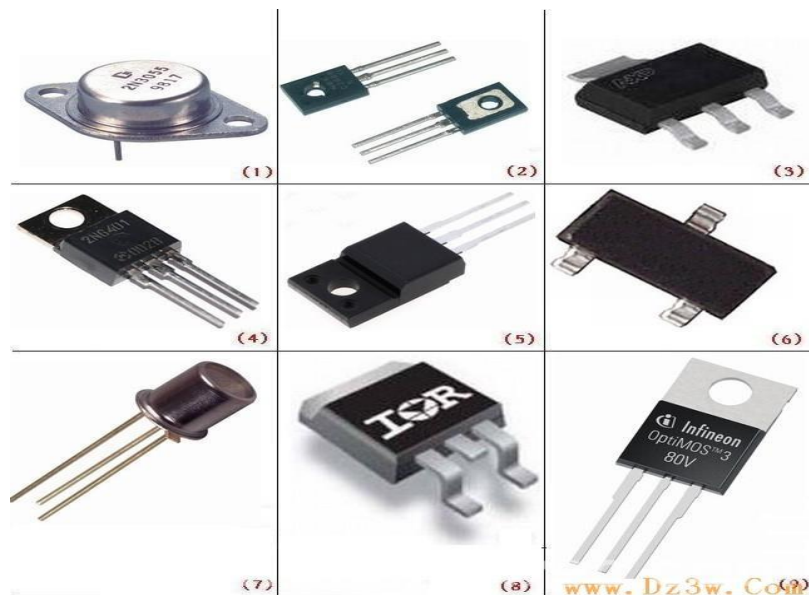
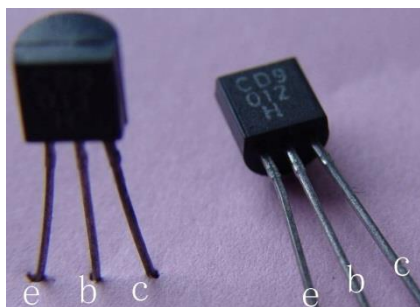
双极晶体管(**B**ipolar **J**unction **T**ransistor, 简称BJT) 常简称为晶体管(晶体三极管、三极管)。属于电流控制型器件(“CCCS”)

各种三极管的图片

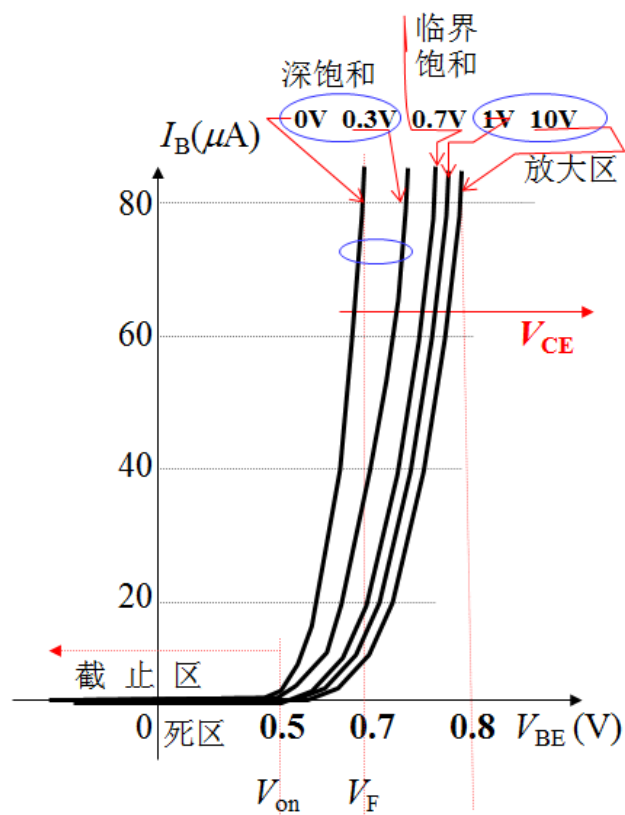
三极管型号及管脚排列

9013——NPN管

9012——PNP管

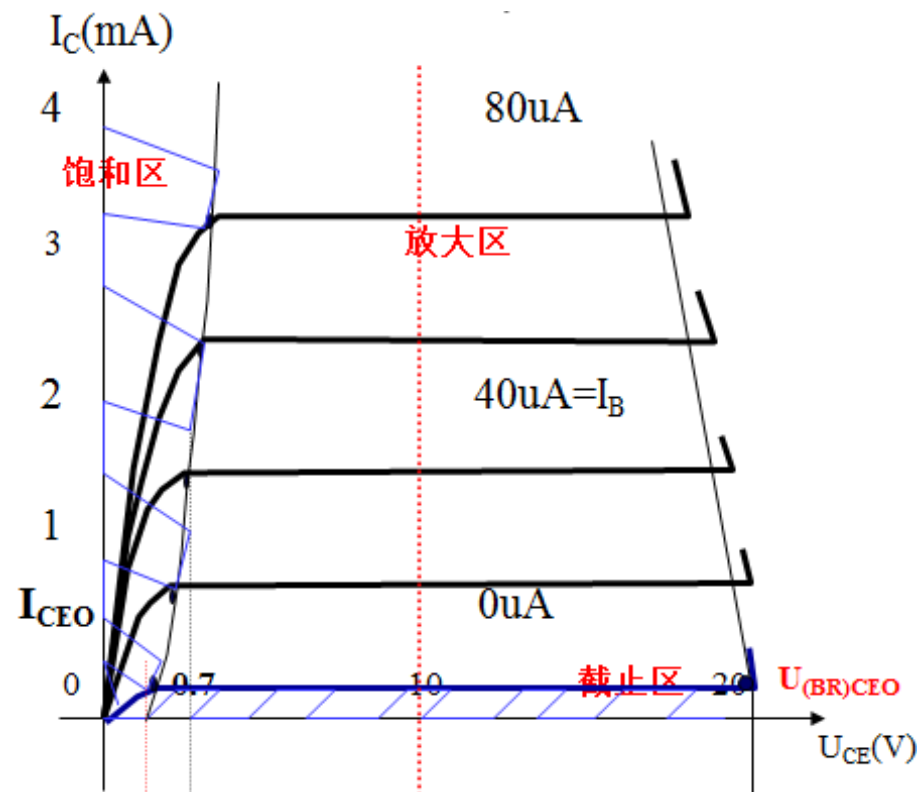


三极管的输入和输出特性曲线



$$i_B = f(u_{BE}) \Big|_{U_{CE}=\text{常数}}$$

输入特性曲线



$$i_C = f(u_{CE}) \Big|_{I_B=\text{常数}}$$

输出特性曲线

三、实验设备

1、实验箱

2、万用表

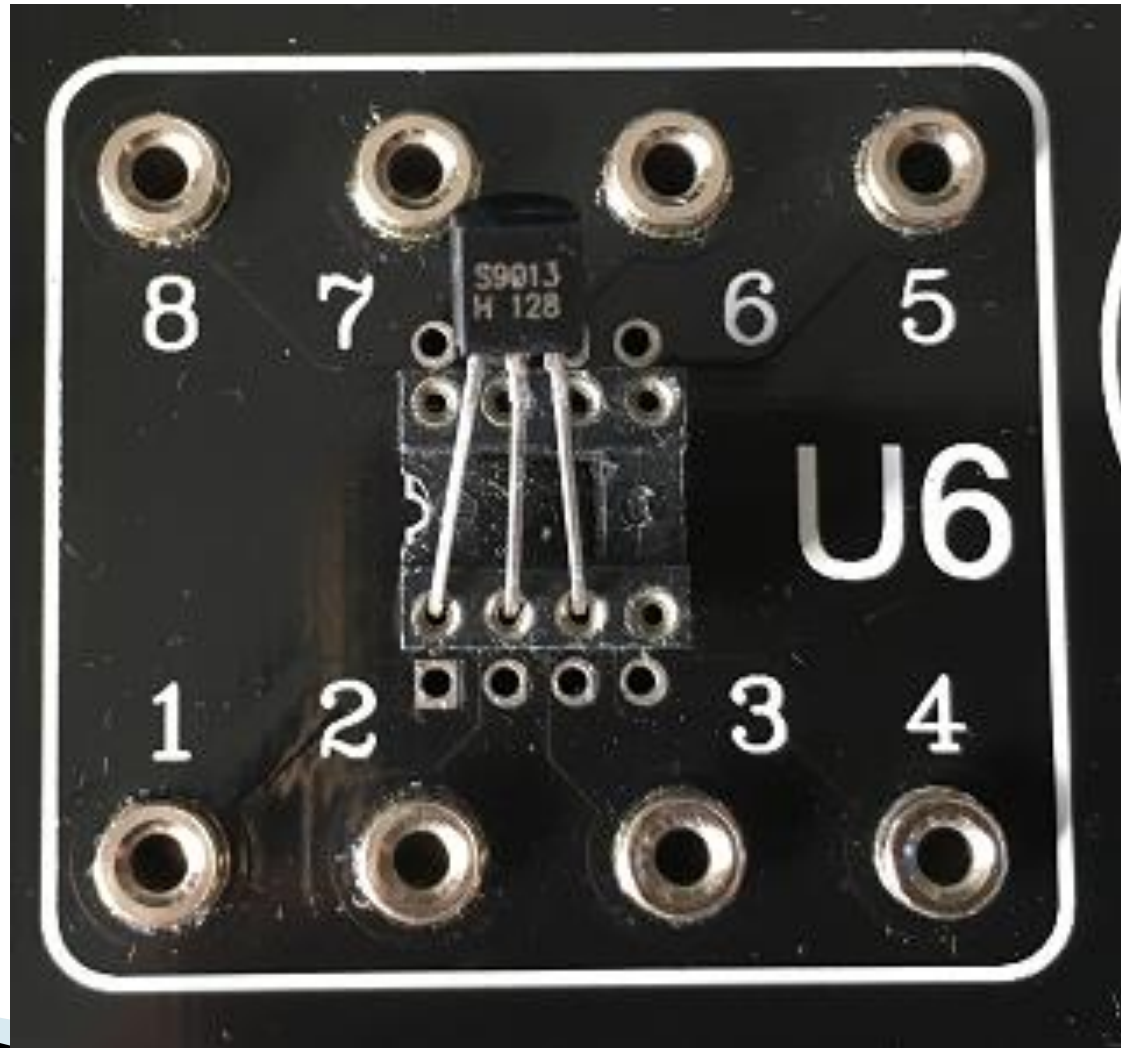
3、示波器

4、信号源

5、9013

6、直流电源

9013的插法



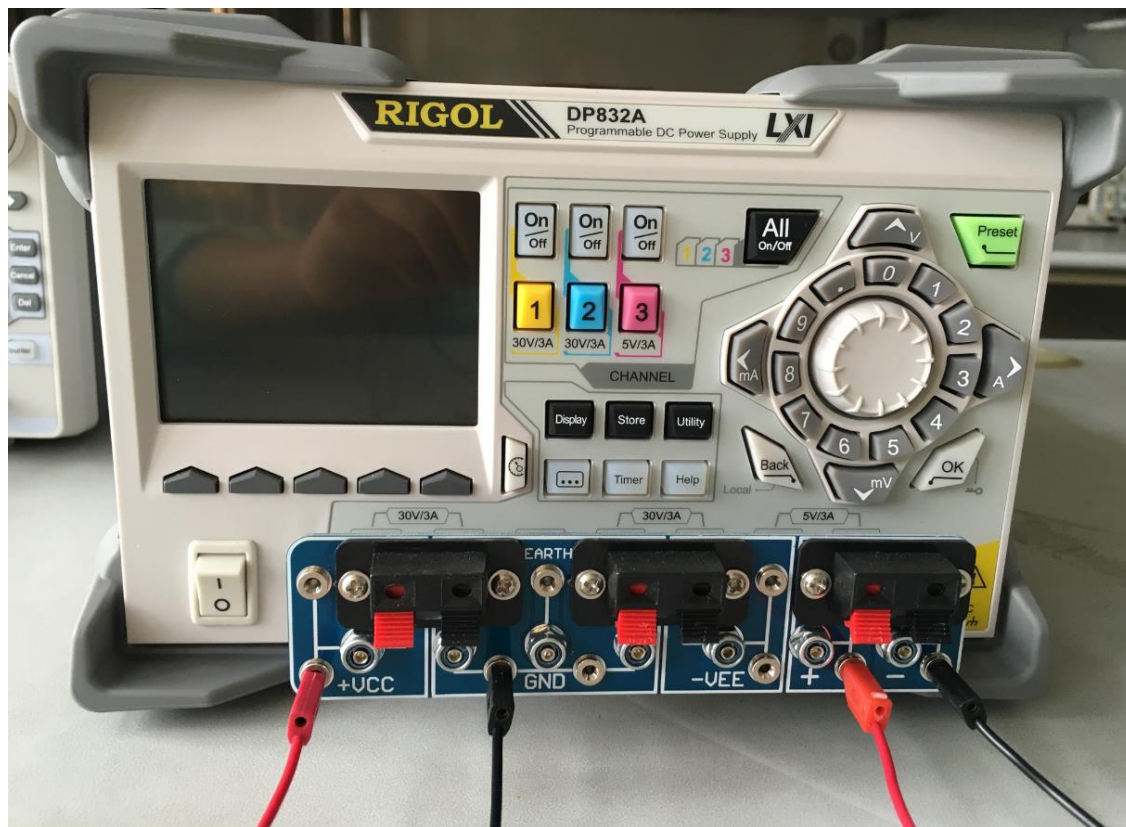
电源



输出两路
独立直流
电源的接
线方法。

主要用于
9013的实
验，导线
箱里有1米
长的导线

。



禁止插拔电源接线面板

直流电源1 0-30V连续可调

直流电源3 0-5V连续可调

四、实验内容：

- 1、用万用表的 \blacktriangleleft 档判别出任意一个三极管的基极 b。判别该三极管的类型(Si管、Ge管, NPN管、PNP管)。
- 2、用万用表的 h_{FE} 档测出任意一个三极管的直流电流放大系数 $\bar{\beta}$ (即 h_{FE})。判别出该三极管的发射极 e、集电极 c。
(根据 放大工作状态为 202, 倒置工作状态为 13)。

共发射极放大电路

3、三极管的伏安特性测量—示波器、

(“间接测量法” 测量电流、
“逐点测量法” 测量伏安特性)

(1) 反相器 — 电子开关

2 个直流电压源的作用：

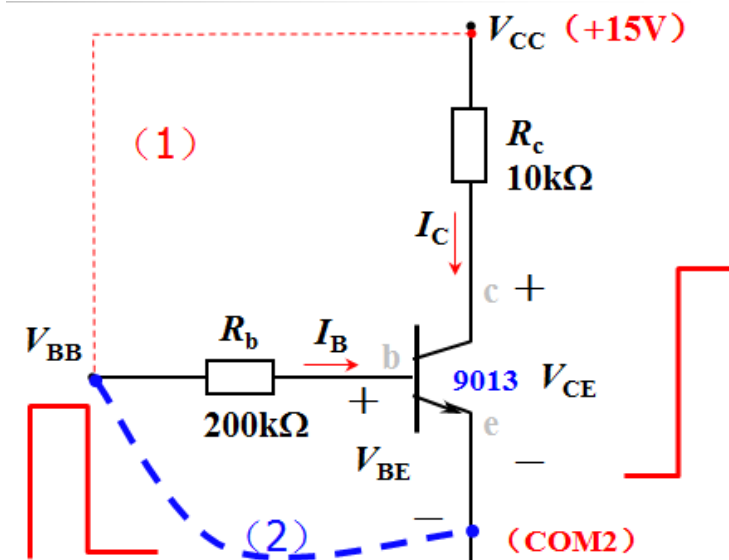
V_{BB} — 基极偏置电源（或 供电电源）。

V_{CC} — 集电极偏置电源（或 供电电源）。

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_b}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_c}$$

$$\bar{\beta} \approx I_C / I_B$$



测试条件	实测值				
	$V_{BE}(\text{V})$	$I_B(\mu\text{A})$	$V_{CE}(\text{V})$	$I_C(\text{mA})$	$\bar{\beta}$ (即 h_{FE})
$V_{BB}=0\text{V}$					
$V_{BB}=+15\text{V}$					

共发射极放大电路

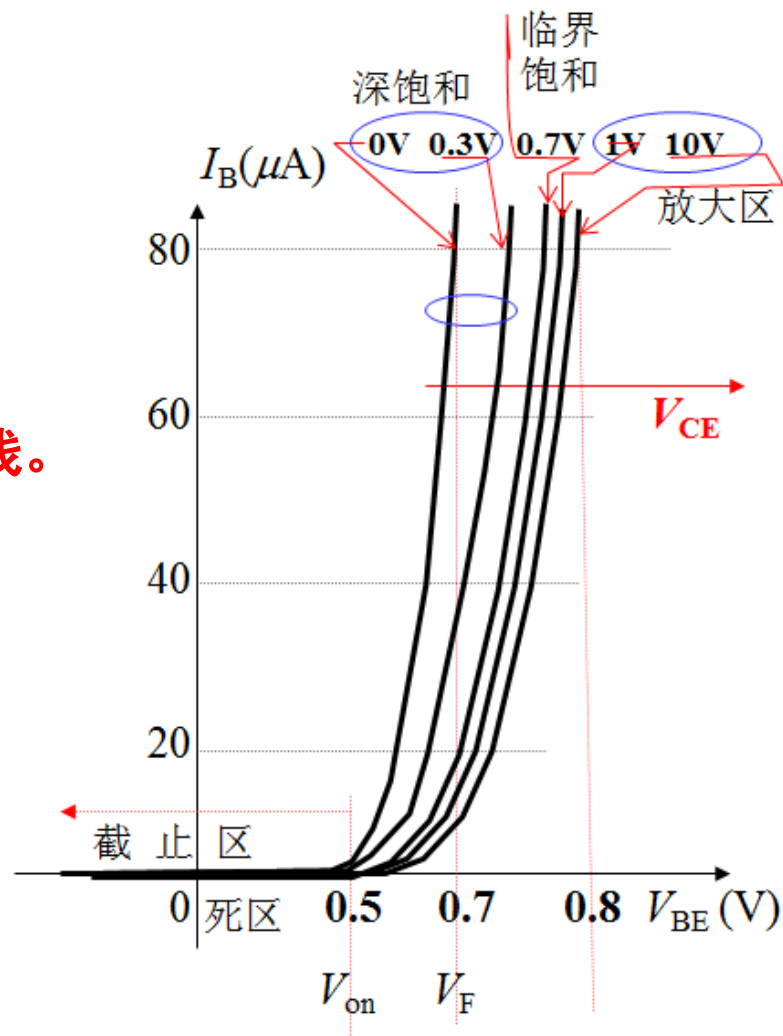
3、三极管的伏安特性测量—示波器、

(“间接测量法” 测量电流、
“逐点测量法” 测量伏安特性)

(2) 输入伏安特性测量

a) 根据测量结果绘制 **输入伏安特性曲线**。

$$i_B = f(u_{BE}) \Big|_{U_{CE}=\text{常数}}$$



共发射极放大电路

3、三极管的伏安特性测量—示波器、

(“间接测量法” 测量电流、
“逐点测量法” 测量伏安特性)

(3) 输出特性曲线

a) 根据测量结果绘制 输出伏安特性曲线

b)分析 V_{CE} 增大时 V_{BE} 是增大还是减小?

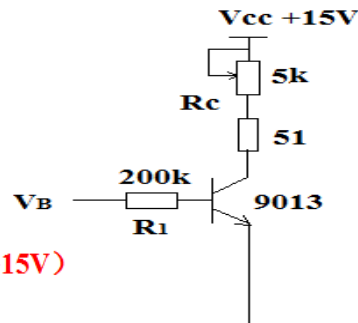
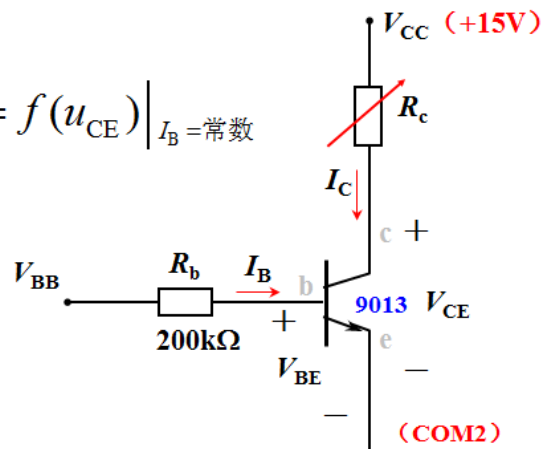
c)分析 V_{CE} 增大时 β 值的变化。

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_b}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

$$\overline{\beta} \approx \mathbf{I}_C / \mathbf{I}_B$$

$$i_C = f(u_{CE}) \Big|_{I_B = \text{常数}}$$

[illegible]

共发射极放大电路

3、三极管的伏安特性测量—示波器、

(“间接测量法” 测量电流、
“逐点测量法” 测量伏安特性)

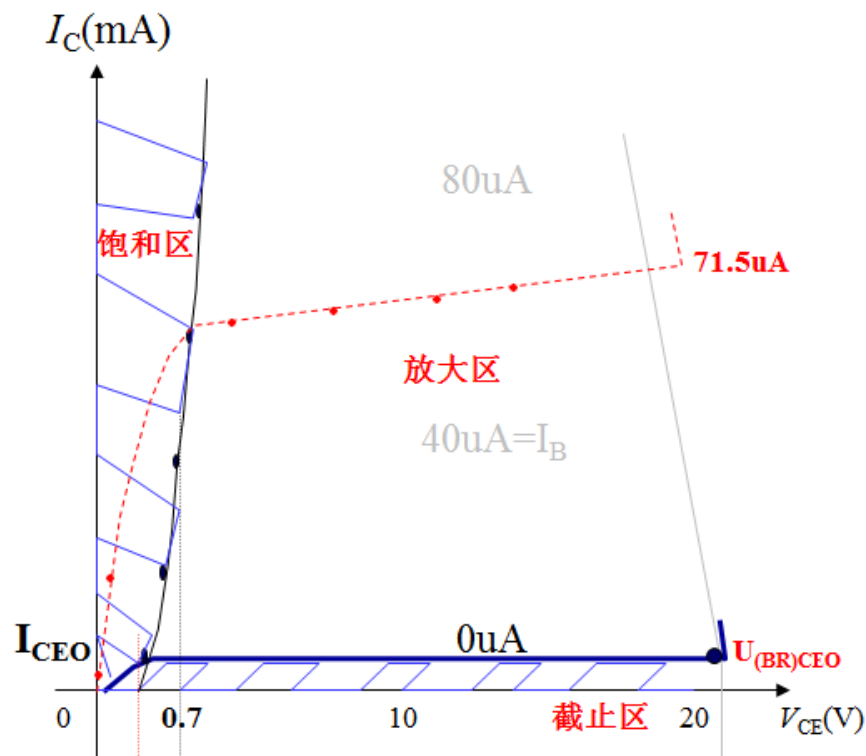
(3) 输出特性曲线

a) 根据测量结果绘制 输出伏安特性曲线。

b) 分析 V_{CE} 增大时 V_{BE} 是增大还是减小？

c) 分析 V_{CE} 增大时 β 值的变化。

$$\bar{\beta} \approx I_C / I_B$$



五、实验仿真：

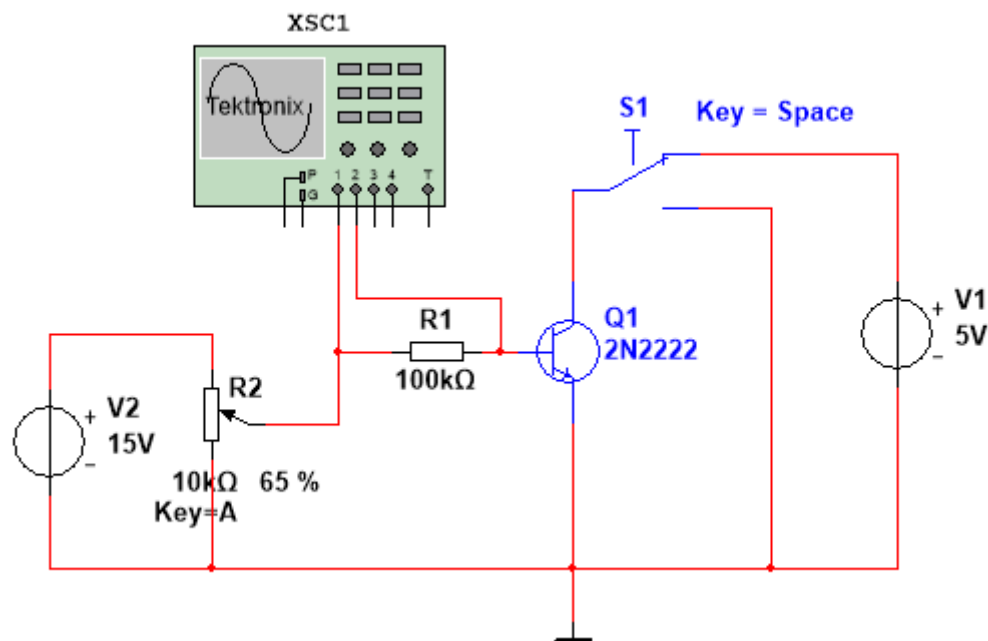
1、输入伏安特性仿真

$$i_B = f(u_{BE}) \Big|_{U_{CE}=\text{常数}}$$

测量条件：

a) $U_{CE} = 0V$

b) $U_{CE} = 5V$



$$U_{CE} = 0V$$

$V_{BB}(V)$	$V_{BE}(V)$	$I_B(\mu A)$
.....

$$U_{CE} = 5V$$

$V_{BB}(V)$	$V_{BE}(V)$	$I_B(\mu A)$
.....

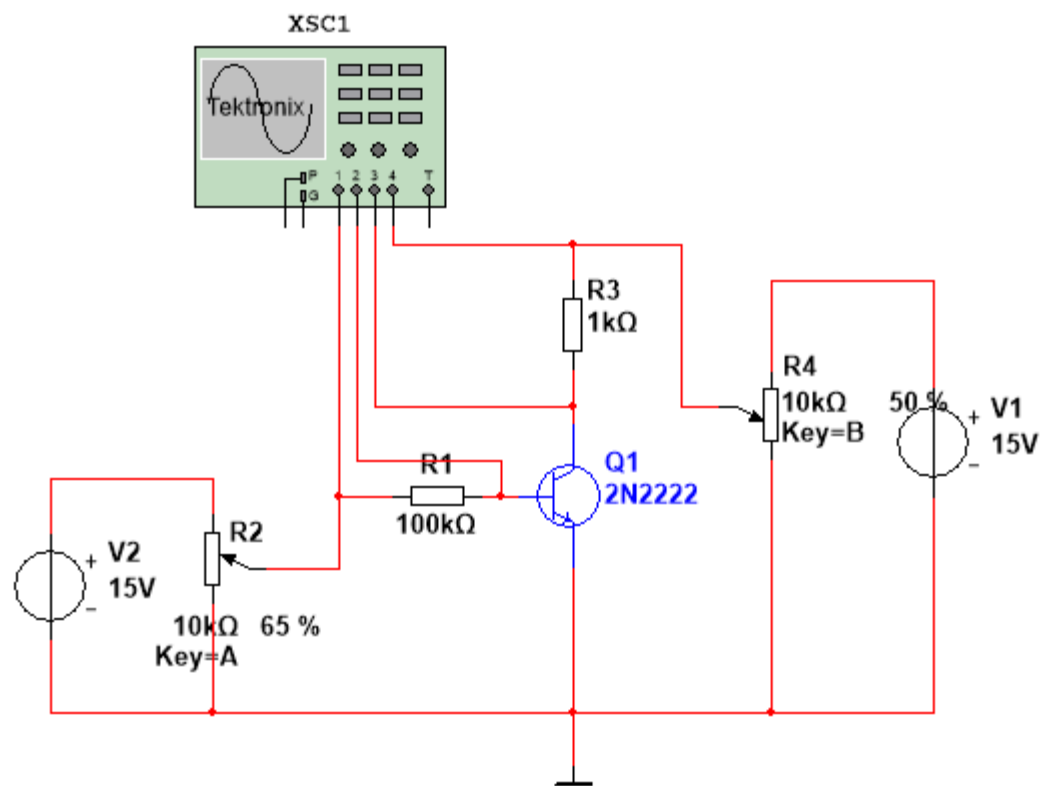
2、输出伏安特性仿真

$$i_C = f(u_{CE}) \Big|_{I_B = \text{常数}}$$

测量条件:

a) $I_B = 10\mu A$

b) $I_B = 40\mu A$



$$I_B = 10\mu A$$

$V_{CC}(V)$	$V_{CE}(V)$	$I_C(mA)$
.....

$$I_B = 40\mu A$$

$V_{CC}(V)$	$V_{CE}(V)$	$I_C(mA)$
.....

附录：双极型三极管

三极管的种类很多，主要分双极型和场效应两大类。

做从用途上分，三极管包括低频三极管、高频三极管、开关三极管等；其功耗大于等于1W属于大功率管，小于1W的属于小功率管。

附录：三极管的主要参数

- ◆ P_{CM} : 集电极最大允许功率损耗。
- ◆ I_{CM} : 集电极最大允许电流。
- ◆ T_{jM} : 最大允许结温。
- ◆ R_T : 热阻。
- ◆ V_{CEO} : 基极开路时集电极—发射极之间的电压。
- ◆ V_{CBO} : 发射极开路时集电极—基极之间的电压。
- ◆ V_{EBO} : 集电极开路时发射极—基极之间的电压。
- ◆ V_{BEon} :
- ◆ V_{CEsat} : 集电极—发射极之间的饱和压降。
- ◆ V_{BEsat} : 基极—发射极之间的饱和压降。
- ◆ I_{CBO} : 发射极开路, CB(集电结)之间的反向饱和电流。
- ◆ I_{EBO} : 集电极开路, EB之间的反向饱和电流。
- ◆ h_{FE} : 共发射极接法直流电流放大系数。也称直流 $\bar{\beta}$ 。

附录：GS9013(NPN)三极管的参数

Maximum Ratings & Thermal Characteristics Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Value	Unit
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	40	V
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	20	V
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	5	V
Collector Current	I_C	500	mA
Power Dissipation at $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$	P_{tot}	625 ⁽¹⁾	mW
Thermal Resistance Junction to Ambient Air	$R_{\theta JA}$	200 ⁽¹⁾	$^{\circ}\text{C/W}$
Junction Temperature	T_j	150	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range	T_S	-55 to +150	$^{\circ}\text{C}$

Notes:

(1) Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2mm from case

附录：GS9013(NPN)三极管的参数

Electrical Characteristics (T_J = 25°C unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
DC Current Gain	Current Gain Group D	$V_{CE} = 1V, I_C = 50mA$	64	—	91	—
	E		78	—	112	
	F		96	—	135	
	G		112	—	166	
	H		144	—	202	
		$V_{CE} = 1V, I_C = 500mA$	40	120	—	
Collector-Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 1mA, I_B = 0$	20	—	—	V
Collector-Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)CBO}$	$I_C = 100\mu A, I_E = 0$	40	—	—	V
Emitter-Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)EBO}$	$I_E = 100\mu A, I_C = 0$	5	—	—	V
Collector Cut-off Current	I_{CBO}	$V_{CB} = 25V, I_E = 0$	—	—	100	nA
Emitter Cut-off Current	I_{EBO}	$V_{EB} = 3V, I_C = 0$	—	—	100	nA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 500mA, I_B = 50mA$	—	0.16	0.6	V
Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{BE(sat)}$	$I_C = 500mA, I_B = 50mA$	—	0.91	1.2	V
Base-Emitter ON Voltage	$V_{BE(on)}$	$V_{CE} = 1V, I_C = 10mA$	0.6	0.67	0.7	V

下次预习：《电子技术基础实验教程》

实验13 基本运算电路设计
(P.320-324)